

УДК 54.056:547.814.5

АНТОЦИАНЫ ЛИСТЬЕВ БАЗИЛИКА: ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ПОЛУЧЕНИЕ СУХИХ ИНКАПСУЛИРОВАННЫХ ФОРМ

© В.И. Дейнека^{1*}, Я.Ю. Кульченко¹, И.П. Блинова¹, А.Н. Чулков², Л.А. Дейнека¹

¹Белгородский государственный национальный исследовательский университет, ул. Победы, 85, Белгород, 308015 (Россия),
e-mail: deineka@bsu.edu.ru

²Белгородский филиал «Центр оценки качества зерна и продуктов его переработки», ул. Щорса, 8, Белгород, 308027 (Россия)

Исследован антоциановый состав листьев пяти пурпурнолистных сортов базилика обыкновенного *Ocimum basilicum* L. методом обращенно-фазовой ВЭЖХ с масс-спектрометрическим детектированием в условиях частичной фрагментации соединений и получены сухие разноцветные инкапсулированные в матрицу мальтодекстрина формы антоцианов. Анализ масс-спектров позволил установить, что по набору антоцианов (т.е. по хроматографическому профилю) исследованные сорта базилика могут быть разделены на две группы, общее свойство которых – высокая степень ацилирования *n*-кумаровой, феруловой и малоновой кислотами одной и той же основы – цианидин-3-дигексозид-5-гексозида. Наличие ацилирования (одинарного и двойного) замещенными коричневыми кислотами позволяет получать растворы не только с красной (характерной для флавилиевой формы) окраской, но и с бордовой и синей, за которые отвечают нейтральная и отрицательно заряженная хиноидные формы. Все нефлавилиевые формы антоцианов неустойчивы в растворах, но существует возможность получения сухих инкапсулированных форм методом лиофильной сушки. При этом заметна потеря антоцианов, но конечный продукт характеризуется высокой стабильностью при хранении в бытовом холодильнике.

Ключевые слова: ацилированные антоцианы, *Ocimum basilicum* L., обращенно-фазовая ВЭЖХ, масс-спектрометрия, ионизация электрораспылением, разноцветные инкапсулированные формы, мальтодекстрин, лиофильная сушка.

Введение

Род базилик (*Ocimum*) относится к подсемейству котовниковые (*Nepetoideae*) семейства яснотковые (*Lamiaceae*). *Ocimum* отличается большим разнообразием, включая более 30 видов растений и кустарников тропических и субтропических регионов Азии, Африки (основной центр видового разнообразия), Центральной и Южной Америки [1]. Большинство коммерчески доступных сортов базилика принадлежит к *O. basilicum*, – к базилику душистому (обыкновенному, огородному или камфорному), – к однолетнему растению, выращиваемому повсеместно в качестве кухонной зелени. При этом в данном виде различают семь типов [1]: 1) душистый; 2) крупнолистный итальянский; 3) карликовый греческий; 4) лакричный; 5) пурпунолистный; 6) тип пурпурнолистного, предположительно являющийся гибридом между *O. basilicum* и *O. forskolei*, с гвоздичным ароматом; 7) лимонный.

Дейнека Виктор Иванович – профессор кафедры общей химии биолого-химического факультета, доктор химических наук, e-mail: deineka@bsu.edu.ru

Кульченко Ярослава Юрьевна – аспирант, e-mail: kulchenko.1992@mail.ru

Блинова Ирина Петровна – доцент кафедры общей химии, кандидат химических наук, e-mail: blinova@bsu.edu.ru

Чулков Андрей Николаевич – старший научный сотрудник, кандидат технических наук, e-mail: Ach87@mail.ru

Дейнека Людмила Александровна – доцент кафедры общей химии, кандидат химических наук, e-mail: deynea@bsu.edu.ru

Базилик является важным источником эссенциальных масел и ароматических соединений [2], ценится в кулинарии и как привлекательное декоративное растение [1]. Экстракты растения используются в традиционной медицине благодаря высокому содержанию в нем биологически активных соединений [3]. Но особый интерес представляют пурпурнолистные формы базилика обычно-

* Автор, с которым следует вести переписку.

венного, поскольку их окраска определяется накоплением антоцианов [4–7]. Антоцианы имеют особенное значение благодаря высокой антиоксидантной активности и связанным с ней лечебно-профилактическим действием на организм человека [8]. По имеющимся неполным сведениям [4–7] о видовом составе антоцианового комплекса пурпурнолистного базилика известно, что он построен в основном на цианидин-3-софорозид-5-глюкозиде, ацилированном *пара*-кумаровой, кофейной и малоновой кислотами. По нашим данным, состав такого типа может быть использован для получения пищевых красителей различной окраски, а не только традиционного красного цвета.

Цель настоящей работы – определение антоцианового состава пяти сортов пурпурнолистного базилика и оценка возможности использования его антоцианов для получения красителей с различной окраской.

Экспериментальная часть

Растительный материал выращивали в открытом грунте на приусадебном участке в сезоне 2017 г., используя рассадный метод. Посадочный материал получали из семян сортов Русский гигант (Гавриш), Робин Гуд, Гранатовый мускат, Ереванский (Аэлита) и Красный рубин (Пламенные семена).

Антоцианы экстрагировали из листьев растений настаиванием в 0,1 М водном растворе HCl. Экстракт очищали методом твердофазной экстракции [9].

Перед получением инкапсулированных форм концентрацию антоцианов определяли в 0,1 М водном растворе HCl упрощенным спектрофотометрическим методом (без вычитания абсорбции при pH = 4,5), используя коэффициент экстинкции $26900 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ для пересчета на цианидин-3-глюкозид хлорид [10].

Сухие формы антоцианов базилика в матрице мальтодекстрина готовили методом лиофильной сушки из расчета получения образцов с содержанием антоцианов 1%. Для этого к раствору антоциана с определенным перед изменением pH содержанием и суммы антоцианов добавляли расчетное количество мальтодекстрина. Полученный раствор замораживали в морозильной камере (-20°C) и лиофильно высушивали с использованием сушилки «LABCONCO FreeZone 2.5» (температура конденсора – 40°C).

Для определения антоцианов методом ВЭЖХ использовали хроматографическую систему Agilent 1260 Infinity с диодно-матричным и масс-спектрометрическим (Agilent 6130 Quadrupole LC/MS) детекторами. Масс-спектры записывали в режиме ESI (ионизация распылением в электрическом поле) со сканированием положительных ионов; напряжение на фрагменторе – 300 В. Разделение осуществляли на колонке $150 \times 2,1 \text{ мм}$ Kromasil-100 5C18 (температура термостата колонки 40°C) в градиентном режиме элюирования. Подвижная фаза А: 6 об.% CH_3CN , 10 об.% HCOOH , 84 об.% воды, подвижная фаза Б: 20 об.% CH_3CN , 10 об.% HCOOH , 70 об.% воды. Программа градиентного режима: 0 мин – 0% Б, 20 мин – 100% Б, 30 мин – 100% Б, 31 мин – 0% Б, 40 мин – 0% Б. Расход подвижной фазы – 0.150 мл/мин. Хроматограмму записывали при 515 нм, хранили и обрабатывали, используя программу ChemStation 32.

Обсуждение результатов

Хроматограммы антоциановых комплексов двух сортов пурпурнолистного базилика представлены на рисунке 1. Они свидетельствуют о том, что среди исследованных сортов имеются два различных типа по набору основных антоцианов: отнесем к первому типу хроматограмму антоцианов базилика «Русский гигант», а ко второму – базилика «Гранатовый мускат».

Для определения строения антоцианов использовали отношения m/z для основного иона в масс-спектрах и продуктов его фрагментации, учитывая эмпирическое правило [11]: при частичной фрагментации удаляется весь заместитель вне зависимости от сложности его строения. Данные масс-спектров свидетельствуют о том, что все антоцианы построены на одной структуре – цианидин-3-дигексозид-5-гексозиде, что согласуется с литературными данными о том, что основа всех антоцианов этого растения – цианидин-3-софорозид-5-гексозид [5]. С учетом указанного правила для цианидин-3-дигексозида можно получить сигнал «молекулярного» иона ($M/z = 611$) и агликона ($M/z = 278$), и нельзя получить сигнал цианидин-3-гексозида ($M/z = 449$). А для цианидин-3-дигексозид-5-гексозида таких сигналов будет четыре: «молекулярного» иона ($M/z = 773$), цианидин-5-гексозида ($M/z = 449$) – как продукта отщепления всего дигексозидного радикала из положения 3, и цианидин-3-дигексозида ($M/z = 611$) – продукта удаления гексозидного радикала из положения 5, и агликона – цианидина ($M/z = 278$). Поскольку частичная очистка на патронах C18 не обеспечивает исключения из экстракта всех неантоциановых соединений, то получение каче-

ственного масс-спектра было возможно только для тех пиков (на рис. 1), для которых фоновый сигнал примесей не заглушал сигнал антоцианов.

В масс-спектре пика №1 (время удерживания – 6.29 мин) найден набор сигналов с M/z , равным 919,3, 757,3, 449,1 и 278,1 (табл. 1). Это указывает на присутствие в веществе трех гексозидных радикалов, по данным электронного спектра поглощения распределенных по двум положениям в агликоне – 3 и 5. При этом радикал кумаровой кислоты присоединен к дигексозидному фрагменту. Это позволяет данному веществу строение цианидин-3-(*p*-кумароилдигексозид)-5-гексозид, в котором не определено только положение присоединения радикала кислоты. Учитывая, что *p*-кумаровая кислота обычно образует продукты ацилирования по атому 6 – гексозидного фрагмента, таких изомеров может быть два: цианидин-3-((*p*-кумароилгексозид)гексозид)-5-гексозид и цианидин-3-(гексозил-*p*-кумароилгексозид)-5-гексозид. И действительно, второй изомер с идентичными соотношениями M/z удерживается несколько сильнее (пик №3, табл. 1, $t_R = 8,50$ мин), но для уточнения строения этой пары веществ необходимы дополнительные исследования с использованием индивидуально выделенных соединений, что предполагается сделать в предстоящих исследованиях. Пик 2 аналогично определяется как цианидин-3-(кофеоилдигексозид)-5-гексозид. Рост числа изомеров при ацилировании малоновой кислотой не удивителен, поскольку для радикала малоновой кислоты положение ацилирования может быть разнообразным [12].

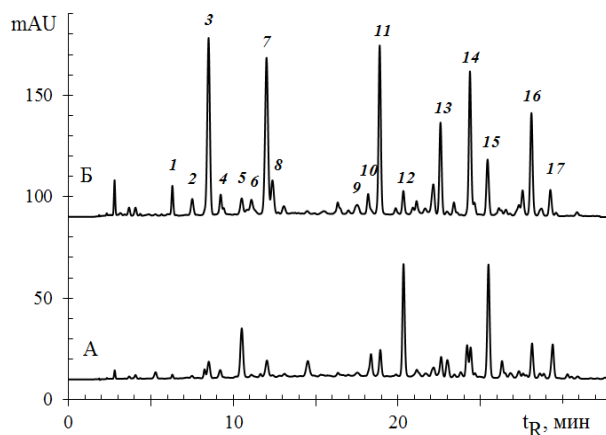


Рис. 1. Разделение антоцианов листьев трех сортов базилика пурпурнолистного сорта:
А – Гранатовый мускат, Б – Русский гигант.
Отнесение пиков см. табл. 1.

Таблица 1. Параметры некоторых пиков на хроматограмме антоцианов листьев *Ocimum basilicum* пурпурнолистного (на рис. 1)

№	Состав антоцианов	Время удерживания, t_R , мин	Сигналы масс-спектра с M/z с частичной фрагментацией, M/z
1	Цианидин-3-(Ку*дигексозид)-5-гексозид	6,29	919,3, 757,3, 449,1, 287,1
2	Цианидин-3-(Ко**дигексозид)-5-гексозид	7,49	935,4, 773,3, 449,2, 287,1
3	Цианидин-3-(Ку-дигексозид)-5-гексозид	8,50	919,3, 757,3, 449,1, 287,1
4	Цианидин-3-(Ма***Ку-дигексозид)-5-гексозид	9,22	1005,3, 843,3, 449,1, 287,1
5	Цианидин-3-(Ма-Ку-дигексозид)-5-гексозид	10,51	1005,3, 843,3, 449,1, 287,1
5a	Цианидин-3-(Ку-дигексозид)-5-(Ма-гексозид)	10,51	1005,3, 757,2, 535,1, 287,1
6	Цианидин-3-(Ма-Ко-дигексозид)-5-гексозид	11,09	1021,3, 859,2, 449,1, 287,1
7	Цианидин-3-(Ма-Ку-дигексозид)-5-гексозид	12,01	1005,3, 843,3, 449,1, 287,1
8	Цианидин-3-(Ма-Ку-дигексозид)-5-гексозид	12,37	1005,3, 843,3, 449,1, 287,1
8a	Цианидин-3-(Ма-Ку-дигексозид)-5-(Ма-гексозид)	14,49	1091,3, 843,2, 535,1, 287,1
9	Цианидин-3-(Ко-Ку-дигексозид)-5-гексозид	17,48	1081,4, 919,3, 449,1, 287,1
10	Цианидин-3-(Ко-Ко-дигексозид)-5-гексозид	18,18	1097,4, 935,3, 449,1, 287,1
11	Цианидин-3-(Ко-Ку-дигексозид)-5-гексозид	18,88	1081,4, 919,3, 449,1, 287,1
12	Цианидин-3-(Ко-Ку-дигексозид)-5-(Ма-гексозид)	20,31	1167,3, 919,3, 535,1, 287,1
13	Цианидин-3-(Ма-Ко-Ку-дигексозид)-5-гексозид	22,58	1167,4, 1005,3, 449,1, 287,1
14	Цианидин-3-(Ма-Ку-Ку-дигексозид)-5-гексозид	24,37	1151,4, 989,3, 449,1, 287,1
15	Цианидин-3-(Ко-Фе****-дигексозид)-5-гексозид	25,44	1095,4, 933,3, 449,1, 287,1
15a	Цианидин-3-(Ку-Ку-дигексозид)-5-(Ма-гексозид)	25,66	1151,3, 903,2, 535,1, 287,1
16	Цианидин-3-(Ма-Ку-Ку-дигексозид)-5-гексозид	28,10	1151,4, 989,3, 635,1, 287,1
17	Цианидин-3-(Ма-Ко-Фе-дигексозид)-5-гексозид	29,25	1181,4, 1019,3, 449,1, 287,1

* Сокращения: Ку – *p*-кумароил; Ко – кофеоил; Ма – малонил; Фе – ферулоил.

Результаты исследования состава антоцианов позволяют оценить их степень ацилирования для различных сортов базилика по площадям пиков на хроматограммах. Это необходимо для получения красителей с окраской, отличной от традиционной красной. Известно, что повышение pH приводит к замене флавилиевой формы антоцианов на другие (рис. 2). Вначале красная флавилиевая форма превращается в бесцветную форму полуацетала. Этот процесс положен в основу дифференциального спектрофотометрического метода определения мономерных антоцианов на фоне полимерных соединений, сохраняющих окраску и при pH = 4,5. Однако в некоторых случаях это не так – при повышении pH появляется хиноидная структура, которой в ряде публикаций приписывают появление новой окраски с сильным батохромным сдвигом полосы поглощения в видимой области, приводящей к синим окраскам. Так, интенсивно-синяя окраска, обусловленная антоцианами (но при pH 5–6), характерна для тайского императорского чая (напитка, приготавливаемого из сушеных цветков *Clitoria ternatea* [13]). Уникальная структура основных компонентов в этом случае, заключающаяся в сложном ацилировании и гликозилировании агликона по положениям 3' и 4' кольца В [13], очевидно, вносит свой вклад в изменение окраски. Однако по нашим данным, такая окраска может быть получена и при повышении pH растворов антоцианов, ацилированных замещенными коричневыми (но не малоновой) кислотами. Следовательно, принципиальное значение имеет степень ацилирования антоцианов только замещенными коричневыми кислотами. К числу таких кислот в обычных растительных объектах относятся *n*-кумаровая, кофейная, феруловая и синаповая кислоты.

По степени ацилирования замещенными коричневыми кислотами антоцианы экстракта листьев базилика могут быть разделены на неацилированные, моноэфиры и диэфиры цианидин-3-дигексозид-5-гексозида. Суммарная доля, приходящаяся на такие группы антоцианов, указана в таблице 2.

По представленным в таблице 2 результатам в исходном растительном сырье уровень накопления антоцианов значительно превышает результаты, приведенные в научной литературе [5, 6]. Так, листья базилика сорта Русский гигант достигают уровня накопления антоцианов в плодах черной смородины [14], но при малой доле антоцианов, не ацилированных замещенными коричневыми кислотами. Отметим, что, анализируя поведение антоцианов при повышенных pH, мы были вынуждены отказаться от дифференциального спектрофотометрического метода из-за появления окрашенных форм антоцианов при pH=4,5, не связанных с полимерными соединениями.

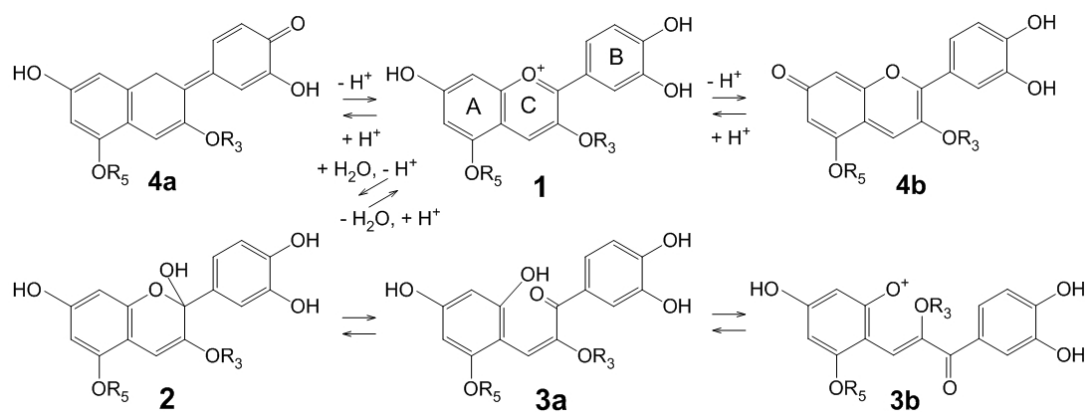


Рис. 2. Схема превращений некоторых различных форм антоцианов: 1 – флавилиевая форма, 2 – форма полуацетала (псевдооснования), 3 – халконные формы, 4 – незаряженные хиноидные формы

Таблица 2. Антоцианы пяти сортов пурпурнолистного базилика

Название сорта	Доля антоцианов (по площадям пиков) с числом радикалов коричневых кислот			Общий уровень накопления*
	0	1	2	
Русский гигант	1,9	34,6	63,5	0,310
Робин Гуд	2,2	20,0	77,8	0,145
Красный рубин	2,7	26,1	71,2	0,099
Гранатовый мускат	1,0	12,9	86,1	0,255
Ереванский	1,3	21,8	76,9	0,237

* Найдено спектрофотометрическим методом без учета поглощения при pH=4,5, выражено в г цианидин-3-глюкозид хлорида на 100 г свежего материала.

Из полученных экстрактов были приготовлены растворы с различным значением pH. При увеличении pH до 3,6 интенсивность абсорбции снижается, но при этом вклад полосы с некоторым батохромным сдвигом относительно полосы поглощения флавилиевой формы (pH = 1,0) очевиден и приводит к возникновению бордовой окраски. Эта бордовая окраска затем постепенно переходит в синюю (pH = 6,4), которая сменяется на зеленую по мере усиления абсорбции в желтой области. Самой стабильной считается флавилиевая форма антоцианов: оптическая плотность растворов с pH = 1,4 практически не изменилась за 24 дня хранения при 4 °C. Для раствора с pH = 4,1 (раствор с бордово-сиреневой окраской) оптическая плотность сразу после изменения pH уменьшилась примерно в 4 раза, что связано с образованием неокрашенной формы псевдооснования и халконных форм; в дальнейшем она была практически неизменной в течение всего срока наблюдения. Растворы с pH = 8,5 (ярко-синей окраской), напротив, стабильностью не отличались – за первый день потеря интенсивности синей окраски составила более 30% и исчезновение окраски продолжалось в дальнейшем, изменяя цвет из синего через зеленый до желтого. Таким образом, стабильность различных форм антоцианов неодинакова, но существует возможность получения различно окрашенных форм при быстром замораживании смесей растворов антоцианов с мальтодекстрином для последующей лиофильной сушки образцов.

Характеристики трех образцов лиофильно высушенных форм антоцианов, инкапсулированных в матрицу мальтодекстрина, представлены в таблице 3.

Для получения инкапсулированных форм готовили смеси из расчета получения готового продукта с содержанием антоцианов 1,00 г на 100 г. При этом для красной формы потери антоцианов при замораживании и высушивании (для получения воздушно-сухой формы сушку приходилось повторять 2–3 раза) 27%. Это заметно больше, чем (по нашим данным) потери при распылительной сушке, но и неудивительно, поскольку попытка лиофильного высушивания антоцианов без мальтодекстрина приводит к получению смолоподобной субстанции черного цвета с большой (более 50%) потерей антоцианов. В случае сиреневой и синей форм потери оказались еще больше, но стабильность полученных форм при хранении при 4 °C в сосуде с непритертой крышкой была столь же высокой, как и красной формы: потерь антоцианов не обнаружено даже через 80 суток.

Таблица 3. Характеристики разноцветных инкапсулированных форм антоцианов

Окраска	pH	Параметры окраски			Содержание антоцианов, г на 100 г (n = 3)
		R	G	B	
Красный	2	242	18	31	0,73±0,03
Сиреневый	4	135	49	93	0,54±0,04
Синий	6,5	74	111	148	0,47±0,03

Заключение

Антоцианы листьев базилика пурпурнолистного построены на основе цианидин-3-дигексозид-5-гексозида при интенсивном ацилировании в основном кумаровой и малоновой кислотами. Ацилирование кумаровой кислотой позволяет получить сухие разноцветные формы антоцианов, инкапсулированных в матрицу мальтодекстрина. Инкапсулирование способствует хорошей сохранности антоцианов при хранении в бытовом холодильнике.

Список литературы

1. Simon J.E., Morales M.R., Phippen W.B., Vieira R.F., Hao Z. Basil: A source of aroma compounds and a popular culinary and ornamental herb / In: Perspectives on new crops and new uses. J. Janick (ed.). ASHS Press, Alexandria, VA. 1999. Pp. 499–505.
2. Кондратюк Т.А., Зыкова И.Д. Эфирные масла пряно-вкусовых растений // Успехи современного естествознания. 2013. №9. С. 135–139.
3. Кароматов И.Д., Пулатов С.С. Лечебные свойства базилика // Биология и интегративная медицина. 2016. №1. С. 142–155.
4. Pedro A.C., Moreira F., Granato D., Rosso N.D. Extraction of bioactive compounds and free radical scavenging activity of purple basil (*Ocimum basilicum* L.) leaf extracts as affected by temperature and time // Anais da Academia Brasileira de Ciências. 2016. Vol. 88. Pp. 1055–1068.
5. Phippen W.B., Simon J.E. Anthocyanins in Basil (*Ocimum basilicum* L.) // J. Agric. Food Chem. 1998. Vol. 46. Pp. 1734–1738.

6. Luna M.C., Bekhradi F., Ferreres F., Jordán M.J., Delshad M., Gil M.I. Effect of Water Stress and Storage Time on Anthocyanins and Other Phenolics of Different Genotypes of Fresh Sweet Basil // J. Agric. Food Chem. 2015. Vol. 63. Pp. 9223–9231.
7. Писарев Д.И., Алексеева К.А., Новиков О.О., Корниенко И.В., Севрук И.А. Химическое изучение состава антоцианов травы *Ocimum basilicum* L. // Сетевой журнал «Научный результат». Серия «Медицина и фармация». 2015. Т. 1, №4(6). С. 119–124.
8. He J., Monica Giusti M. Anthocyanins: Natural Colorants with Health-Promoting Properties // Annu. Rev. Food Sci. Technol. 2010. Vol. 1. Pp. 163–187.
9. Deineka V.I., Sorocopudov V.N., Deineka L.A., Shaposhnik E.I., Burmenko Y.V., Litvinova L.S. Antioxidants of Belgorod state university garden plants: *Ribes aureum* fruits anthocyanins // Научные ведомости БелГУ. Серия Медицина. Фармация. 2013. №18(161), вып. 23. С. 225–228.
10. Giusti M.M., Wrolstad R.E. Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy / Handbook of Analytical Food Chemistry. Ed. Wrolstad R.E. New York: John Wiley & Sons, 2005. Unit F1.2.
11. Дейнека В.И., Сидоров А.Н., Чулков А.Н., Дейнека Л.А. Особенности масс-спектрометрического детектирования антоцианов в высокоэффективной жидкостной хроматографии // Масс-спектрометрия. 2017. Т. 14, №2. С. 119–123.
12. Дейнека В.И., Сидоров А.Н., Дейнека Л.А. Определение антоцианов оберток пурпурной кукурузы // Журнал аналитической химии. 2016. Т. 71, №11, С. 1203–1208.
13. Terahara N., Saito N., Honda T., Toki K., Osajima Y. Acylated anthocyanins of *Clitoria ternatea* flowers and their acyl moieties // Phytochem. 1990. Vol. 29. Pp. 949–953.
14. Дейнека В.И., Дейнека Л.А., Шапошник Е.И., Сорокопудов В.Н., Сиротин А.А. Антоцианы черной смородины: экстракция и сушка // Известия вузов. Сер. Химия и химическая технология. 2006. Т. 49, вып. 11. С. 77–80.

Поступило в редакцию 6 октября 2017 г.

После переработки 12 ноября 2017 г.

Deineka V.I.^{1*}, Kul'chenko Ya.Yu.¹, Blinova I.P.¹, Culkov A.N.², Deineka L.A.¹ ANTHOCYANINS OF BASIL LEAVES: DETERMINATION AND PREPARATION OF DRIED ENCAPSULATED FORMS

¹Belgorod National Research University, Institute of Engineering Technologies and Natural Sciences, Pobeda str., 85, Belgorod, 308015, (Russia), e-mail: deineka@bsu.edu.ru

²Department of Belgorod branch of «Centre of evaluation of quality of grain and products of its processing», Shchorsa str., 8, Belgorod, 308027 (Russia)

Anthocyanins composition of five purple leaves cultivars of *Ocimum basilicum* L. was investigated by reversed-phase HPLC with mass-spectrometric detection in the conditions of ions partial fragmentation as well as preparation of dried differently colored forms of anthocyanins encapsulated into maltodextrin matrix. Mass-spectra analysis revealed that according to anthocyanin set basil cultivars under investigation may be divided onto two groups with common feature being high level of acylation with (mainly) p-coumaric, ferulic and malonic acids of the same base – cyanidin-3-dihexoside-5-hexoside. The presence of acylation with substituted cinnamic acids permits to obtain solutions not only with red color (the property of the flavylum form) but also with blue shades coloration due to quinoid and negatively charged quinoid forms. All forms except of flavylum are not stable in solution but stable enough to prepare dried encapsulated forms by lyophilization. And though the loss of anthocyanins at drying is not negligible the final product is characterized with high stability at storage in refrigerator.

Keywords: acylated anthocyanins, *Ocimum basilicum* L., reversed-phase HPLC, mass-spectrometry, electrospray ionization, colored encapsulated forms, maltodextrin, lyophilic drying.

References

1. Simon J.E., Morales M.R., Phippen W.B., Vieira R.F., Hao Z. *Perspectives on new crops and new uses*. J. Janick (ed.). ASHS Press, Alexandria, VA. 1999, pp. 499–505.
2. Kondratiuk T.A., Zykova I.D. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniia*, 2013, no. 9, pp. 135–139. (in Russ.).
3. Karomatov I.D., Pulatov S.S. *Biologiya i integrativnaya meditsina*, 2016, no. 1, pp. 142–155. (in Russ.).
4. Pedro A.C., Moreira F., Granato D., Rosso N.D. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 2016, vol. 88, pp. 1055–1068.
5. Phippen W.B., Simon J.E. *J. Agric. Food Chem.*, 1998, vol. 46, pp. 1734–1738.
6. Luna M.C., Bekhradi F., Ferreres F., Jordán M.J., Delshad M., Gil M.I. *J. Agric. Food Chem.*, 2015, vol. 63, pp. 9223–9231.
7. Pisarev D.I., Alekseeva K.A., Novikov O.O., Kornienko I.V., Sevrak I.A. *Setevoy zhurnal «Nauchnyi rezul'tat». Seriya «Meditsina i farmatsiya»*, 2015, vol. 1, no. 4(6), pp. 119–124. (in Russ.).
8. He J., Monica Giusti M. *Annu. Rev. Food Sci. Technol.*, 2010, vol. 1, pp. 163–187.
9. Deineka V.I., Sorokopudov V.N., Deineka L.A., Shaposhnik E.I., Burmenko Y.V., Litvinova L.S. *Nauchnye vedomosti BelGU. Seriya Meditsina. Farmatsiya*, 2013, no. 18(161), issue 23, pp. 225–228. (in Russ.).
10. Giusti M.M., Wrolstad R.E. *Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy / Handbook of Analytical Food Chemistry*. Ed. Wrolstad R.E. New York: John Wiley & Sons, 2005. Unit F1.2.
11. Deineka V.I., Sidorov A.N., Chulkov A.N., Deineka L.A. *Mass-spektrometriya*, 2017, vol. 14, no. 2, pp. 119–123. (in Russ.).
12. Deineka V.I., Sidorov A.N., Deineka L.A. *Zhurnal analiticheskoi khimii*, 2016, vol. 71, no. 11, pp. 1203–1208. (in Russ.).
13. Terahara N., Saito N., Honda T., Toki K., Osajima Y. *Phytochem.*, 1990, vol. 29, pp. 949–953.
14. Deineka V.I., Deineka L.A., Shaposhnik E.I., Sorokopudov V.N., Sirotnin A.A. *Izvestiya Vuzov. Ser. Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya*, 2006, vol. 49, no. 11, pp. 77–80. (in Russ.).

Received October 6, 2017

Revised November 12, 2017

* Corresponding author.

